

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Masaki KURIHARA et al.

Application No.: TBA

Group Art Unit: TBA

Filed: March 18, 2004

Examiner: TBA

For: CONTROLLER FOR WIRE ELECTRIC DISCHARGE MACHINE

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submit herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2003-079935

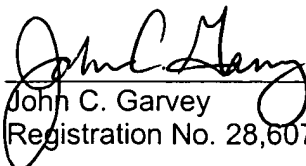
Filed: March 24, 2003

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 3-18-04

By:   
John C. Garvey  
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    3 月 2 4 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 7 9 9 3 5  
Application Number:

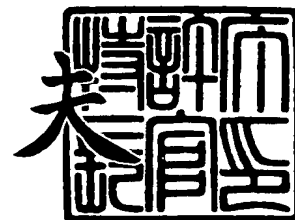
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 7 9 9 3 5 ]

出      願      人                      ファナック株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    2 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 8 8 6 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 21681P

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23H 7/02

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ  
ナック株式会社 内

【氏名】 栗原 正機

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ  
ナック株式会社 内

【氏名】 平賀 薫

【特許出願人】

【識別番号】 390008235

【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代理人】

【識別番号】 100082304

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹本 松司

【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

【識別番号】 100088351

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093425

【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一



【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書  
【発明の名称】 ワイヤ放電加工機の制御装置  
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電を発生させて放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、前記ワイヤ状電極によって除去される前記被加工物の加工量を特定する加工量特定手段と、該加工量特定手段で求めた数値に基づいて、前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動を制御する移動制御手段とを備え、加工量が大きくなる時、該移動距離を小さくするように制御することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項 2】 前記加工量特定手段は所定時間ごとに放電繰返し数を求め、基準となる放電繰返し数と比較することによって加工量を特定することを特徴とする請求項 1 記載のワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項 3】 前記加工量特定手段は所定時間ごとに設定無負荷電圧と平均加工電圧との降下電圧値を求め、基準となる降下電圧値と比較することによって加工量を特定することを特徴とする請求項 1 記載のワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項 4】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電を発生させて放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、ワイヤ状電極と被加工物間の平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値を所定時間ごとに求める降下電圧値算定手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値に相当する所定値を記憶する基準値記憶手段と、前記降下電圧値算定手段が得た数値と前記基準降下電圧値記憶手段に記憶した数値とを比較する比較手段とを併有し、該比較結果に基づいて前記移動手段に出力する移動指令の前記所定時間ごとの送り量を制御するようにしたことを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項 5】 ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電を発生させて放電加工を行うワイヤ放電加工機



の制御装置において、ワイヤ状電極と被加工物間の平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値を所定時間ごとに求める降下電圧値算定手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値に相当する所定値を記憶する基準値記憶手段と、前記降下電圧値算定手段が得た数値と前記基準値記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、設定送り速度と前記所定時間とで求まる前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離に前記比率を乗じて求めた距離を移動指令として前記所定時間ごとに前記移動手段に出力することを特徴とするワイヤ放電加工機の制御装置。

【請求項 6】 前記比率は前記基準値記憶手段に記憶した数値を分子として、前記降下電圧値算定手段が得た数値を分母として求めることを特徴とする請求項 5 記載のワイヤ放電加工機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明はワイヤ放電加工機の制御装置に関する。放電加工における仕上げ加工に適したワイヤ放電加工機の制御装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 1 0 は従来のワイヤ放電加工装置における送り制御に関連する要部ブロック図である。放電パルス発生装置 1 は放電加工を行うため、ワイヤ状電極 4 と被加工物 5 間の間隙に放電パルス電圧を印加するもので、直流電源、トランジスタ等のスイッチング素子からなる回路やコンデンサの充放電回路などで構成している。通電ブラシ 2, 3 はワイヤ状電極に通電するためのもので、放電パルス発生装置 1 の一方の端子に接続されている。また被加工物 5 は放電パルス発生装置 1 の他方の端子に接続されている。走行するワイヤ状電極 4 と被加工物 5 間には放電パルス発生装置 1 からパルス電圧が印加される。

【0 0 0 3】

放電間隙検出装置 6 はワイヤ状電極 4 と被加工物 5 に接続され、放電パルス発

生装置 1 からの数  $\mu$  秒前後のパルス状間隙電圧を基準電圧と比較して、送りパルス演算装置の処理速度に整合するための平均化処理回路 2 1 を通して、基準電圧設定装置 2 2 の出力と比較し電圧偏差を得る。そしてこの電圧偏差に基づいて送りパルス演算装置 1 3 は送りパルス間隔を制御したパルス列を生成し送りパルス分配装置 1 2 に出力する。送りパルス分配装置 1 2 はこのパルス列より加工プログラムにしたがって X 軸、Y 軸の駆動パルスに分配し被加工物 5 を載置したテーブルを駆動する X 軸モータ制御装置 1 0、Y 軸モータ制御装置 1 1 に出力する構成となっている。

#### 【0004】

まず、被加工物 5 とワイヤ状電極 4 との間が接近して放電可能な状態になると放電パルス発生装置 1 から放電パルス電流が流れ放電を開始する。放電後に間隙が冷却する適当な休止時間を経て、再度放電パルス電圧を印加する。この動作サイクルを繰返し実行して被加工物 5 から放電パルス発生ごとにその被加工物 5 の一部を除去する放電加工を行う。この間隙の電圧は平均化処理回路 2 1 を通して、基準電圧設定装置 2 2 の出力と比較し電圧偏差を得る。そして送りパルス演算装置 1 3 においてこの電圧偏差に別に設定するゲインを乗じて速度指令値を求めている。これにより平均加工電圧が基準電圧値を上まわっていて、その偏差が大きいつきには間隙が広がっているとして送り速度を上げ、また、平均加工電圧が低下してきて偏差が小さくなったときには間隙が狭まわってきているとして送り速度を下げ、そして基準電圧値と等しくなると偏差がゼロとなったときには送り速度が零となる送り制御が行われる。これは即ち、加工電圧が一定の値に近づくような送り速度制御が行われていることになる。なお、予め設定されている電圧値を下回るときには短絡状態として放電パルス電圧の投入停止及び軌跡バックなどの処置が取られる。

#### 【0005】

又、平均加工電圧が基準電圧値と等しくなったとき、設定された基準送り速度とし、基準電圧値より平均加工電圧が高くなったときには送り速度を基準送り速度よりも速くし、基準電圧値より平均加工電圧が低くなったときには送り速度を基準送り速度よりも遅くするとした送り制御方法も知られている。

**【0006】**

又、荒加工（ファーストカット加工）と仕上げ加工に対して上述した2つの送り制御方法をきり分けて適用し、面粗さを改善するようにした発明も公知である（特許文献1参照）。この発明は、最初に輪郭切断するファーストカット加工では差電圧が零となったとき送りを停止し、差電圧が逆になると逆方向に送る方式を採用するが、仕上げ加工では平均加工電圧が基準電圧値と同じ電圧で差電圧が零となると、設定した送り速度になるようにする方式を採用し、中仕上げ加工より仕上げ加工の方がゲインを小さくするようにしている。即ち、差電圧が零のとき送り速度を零とする方式では、ゲインを変えると適正な加工電圧での送り速度が変化してしまうことから、平均加工電圧－送り速度ゲイン曲線の差電圧が零のときの送り速度零から指定速度にシフトした構成にすることによって、ゲインを下げ面粗度を改善するようにしたものである。

**【0007】**

上述した平均加工電圧と基準電圧との差電圧が零のとき送り速度を零にする方式、又は設定送り速度にする方式、さらにこの2つの方式の組み合わせによる送り方式は、いずれにしても平均加工電圧一定方式による送り制御方式である。

これに対して、単に送り速度を設定速度に保持する一定送り速度方式も従来から公知である。

**【0008】****【特許文献1】**

特許第3231567号公報

**【0009】****【発明が解決しようとする課題】**

平均加工電圧一定方式は、本来、工作物を最初に輪郭切断するファーストカット加工の速度向上と放電集中によるワイヤ断線を防止する目的に対応するものである。したがってファーストカット加工後の面粗さの良化や精度向上のために、より小さな放電パルス電流を使って放電加工を行うセカンドカット加工以降の仕上げ加工に使用する場合は放電パルス密度を安定化するために単位時間あたりの加工量の変化をできるだけ小さくなるよう様々な調整を行って送り制御すること



が必要になる。

### 【0010】

図11は、平均加工電圧一定方式で加工する場合の説明図である。図11に示すような板厚  $t$  なる被加工物5のファーストカット加工面を基準電圧  $V_s$  で加工する場合、その取り代を  $G_{(x+1)}$ 、 $G_x$ 、その時の平均加工電圧を  $V_{(x+1)}$ 、 $V_x$  とすると、単位時間あたりに進む距離  $\delta_{(x+1)}$ 、 $\delta_x$  はそれぞれ次のようになる。

### 【0011】

$$\delta_{(x+1)} = (V_{(x+1)} - V_s) * \text{ゲイン}$$

$$\delta_x = (V_x - V_s) * \text{ゲイン}$$

単位時間あたりの加工量変化は

$$(G_x * \delta_x - G_{(x+1)} * \delta_{(x+1)}) * \text{板厚 } t$$

となる。したがって加工量の変化をできるだけ少なくなるように送るには、

$$G_x * \delta_x = G_{(x+1)} * \delta_{(x+1)}$$

になるように、取り代  $G$  が少ないときは移動量  $\delta$  を大きく、取り代  $G$  が大きいときは移動量  $\delta$  を小さくすればよい。

### 【0012】

そのためには取り代に対して電圧変化がより正確に反映することが第一となり、またその電圧変化量に対応するゲインを適正に設定することが必要である。

また間隙電圧の変化は実際には加工量の変化だけでなく他の要因によっても影響を受けている。即ち、送り制御が適正に行われない場合（従来制御では加工中にしばしば起こる）放電パルス密度が不安定化するために、発生したスラッジが間隙に偏在するようになり間隙電圧は実態の加工量変化以上の影響を受ける。一旦加工スラッジが偏在、停滞する事態になるとその偏在する加工スラッジを介して放電パルスが連続的に発生し、平均加工電圧を低下させる。その結果送り速度が減じ、さらなる放電パルス密度の上昇をまねき、所謂取れすぎ状態となる。またその逆に加工スラッジの希薄な放電パルス発生が少ないときは平均加工電圧が上昇するため、送り速度が増して所謂加工されない部分が生じる。

### 【0013】

その結果、仕上げ加工面にはうねりなどの凹凸面やすじが発生することになる。特に高い仕上げ面精度を求める加工領域には微小なパルス電流にて放電の繰返し数を上げて使用するので、放電パルス密度を制御することが一層困難となり、この傾向はより顕著となる。そのため仕上げ加工の送り制御には放電パルス密度を一定にするためにもその改良が求められている。

#### 【0014】

仕上げ加工においては、従来、一般に、平均加工電圧一定方式の送り制御が行われるが、前述のように加工取り代に平均加工電圧の変化がより正確に反映できないために送りの正確さに欠け、また加工取り代の変化に対応する平均加工電圧の変化に対して適正なゲインを選択することが非常に困難であった。そのため従来制御では繰返し安定した面精度が得られず、仕上げ精度向上の要望に応えることができなかった。

#### 【0015】

又、送り速度一定方式で加工する場合においても、同様な問題がある。

図12は送り速度一定方式で加工する場合の説明図である。板厚  $t$  なる被加工物5のファーストカット加工面を速度  $SPD$  で仕上げ加工する場合、その取り代を  $G_x$ 、 $G_{(x+1)}$  とすると、単位時間あたりに進む距離は速度一定方式のため一定であり、その値を  $\delta x$  とすると、単位時間あたりの加工量変化は、

$$(G_x - G_{(x+1)}) * \delta x * t$$

となる。したがって、取り代  $G_x$  の部分は取り代  $G_{(x+1)}$  に比較して、より多くの放電パルスが同一時間に投入されることになり、放電パルス密度が多過となるため、加工精度が低下する。

#### 【0016】

そこで、本発明の目的は、上述した問題を解決することを目的とするもので、ワイヤ状電極の被加工物に対する相対送り制御のゲインの調整等を必要とせず、安定した加工と高い面精度を得ることのできるワイヤ放電加工機の制御装置を提供することにある。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】

本願請求項 1 に係わる発明は、ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電を発生させて放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、前記ワイヤ状電極によって除去される前記被加工物の加工量を特定する加工量特定手段と、該加工量特定手段で求めた数値に基づいて、前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動を制御する移動制御手段とを備え、加工量が大きくなる時、該移動距離を小さくするように制御することを特徴とするものである。又、請求項 2 に係わる発明は、前記加工量特定手段として、所定時間ごとに放電繰返し数を求め、基準となる放電繰返し数と比較することによって加工量を特定するものとした。請求項 3 に係わる発明は、前記加工量特定手段として、所定時間ごとに設定無負荷電圧と平均加工電圧との降下電圧値を求め、基準となる降下電圧値と比較することによって加工量を特定するものとした。

#### 【0018】

請求項 4 に係わる発明は、ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電を発生させて放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、ワイヤ状電極と被加工物間の平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値を所定時間ごとに求める降下電圧値算定手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移動させる移動手段と、基準となる平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値に相当する所定値を記憶する基準値記憶手段と、前記降下電圧値算定手段が得た数値と前記基準降下電圧値記憶手段に記憶した数値とを比較する比較手段とを併有し、該比較結果に基づいて前記移動手段に出力する移動指令の前記所定時間ごとの送り量を制御するようにしたことを特徴とするものである。

#### 【0019】

さらに、請求項 5 に係わる発明は、ワイヤ状電極と被加工物とを相対移動させながら、前記ワイヤ状電極と被加工物との間に放電を発生させて放電加工を行うワイヤ放電加工機の制御装置において、ワイヤ状電極と被加工物間の平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値を所定時間ごとに求める降下電圧値算定手段と、移動指令に基づいて前記ワイヤ状電極と被加工物を加工経路に沿って相対移

動させる移動手段と、基準となる平均加工電圧と設定無負荷電圧との降下電圧値に相当する所定値を記憶する基準値記憶手段と、前記降下電圧値算定手段が得た数値と前記基準値記憶手段に記憶した数値との比率を求める手段と、設定送り速度と前記所定時間とで求まる前記ワイヤ状電極と被加工物の相対移動距離に前記比率を乗じて求めた距離を移動指令として前記所定時間ごとに前記移動手段に出力することを特徴とするものである。そして、請求項6に係わる発明は、前記比率は前記基準値記憶手段に記憶した数値を分子として、前記降下電圧値算定手段が得た数値を分母として求めるものとした。

### 【0020】

#### 【発明の実施の形態】

図1は本発明に係わるワイヤ放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。

放電パルス発生装置1は放電加工を行うため、ワイヤ状電極4と被加工物5間の間隙に放電パルス電圧を印加するもので、直流電源、トランジスタ等のスイッチング素子からなる回路やコンデンサの充放電回路などで構成している。通電ブラシ2, 3はワイヤ状電極に通電するためのもので、放電パルス発生装置1の一方の端子に接続されている。また被加工物5は放電パルス発生装置1の他方の端子に接続されている。走行するワイヤ状電極4と被加工物5間には放電パルス発生装置1からパルス電圧が印加される。被加工物5を搭載したテーブルは（図示せず）は移動手段を構成するX軸駆動モータ制御装置10, Y軸駆動モータ制御装置11及びパルス分配装置12によって駆動される。

### 【0021】

放電間隙検出装置6はワイヤ状電極4と被加工物5に接続され、放電パルス発生装置1からの数 $\mu$ 秒前後以下のパルス状間隙電圧を検出して、加工量変化検出処理装置7に送る。加工量変化検出処理装置7は演算クロック14から出力される単位時間（所定期間）Tごとの信号に基づいて、該所定期間の設定無負荷電圧と該パルス状間隙電圧との差電圧である降下電圧値の平均値 $E_x$ を求めるものであり、後述するように加工量を特定する加工量特定手段を構成する。基準加工量相対値記憶装置8は予め入力する基準となる加工量に対応する降下電圧値 $E_s$ を記憶しておくものである。

**【0022】**

基準加工量相対値記憶装置 8 には予め記憶している基準加工量に対応する降下電圧値  $E_s$  が記憶されており、比較判断装置 9 は加工量変化検出処理装置 7 で単位時間（所定周期） $T$  ごとに求めた降下電圧値の平均値  $E_x$  と基準加工量相対値記憶装置 8 から入力される降下電圧値  $E_s$  とを前記単位時間（所定周期） $T$  ごとに比較し、降下電圧値の平均値  $E_x$  と基準加工量に対応する降下電圧値  $E_s$  との比率（ $E_s / E_x$ ）を送りパルス演算装置 13 に出力する。

**【0023】**

送りパルス演算装置 13 は演算クロック 14 から出力される単位時間（所定周期） $T$  の信号ごとに、送り速度設定手段 15 から送られてくる送り速度  $SPD$  と所定周期  $T$  より求められる距離（ $SPD * T$ ）に比較判断装置 9 から送られてくる降下電圧値の平均値  $E_x$  と基準加工量に対応する降下電圧値  $E_s$  との比率（ $E_s / E_x$ ）を乗じて移動量  $\delta x$  を求める。そしてこの移動量  $\delta x$  だけのパルス列を送りパルス分配装置 12 に出力する。送りパルス分配装置 12 は、このパルス列により加工プログラムにしたがって X 軸、Y 軸の駆動パルスを X 軸駆動モータ制御装置 10、Y 軸駆動モータ制御装置 11 に分配し、被加工物 5 を搭載したテーブルを駆動する X 軸モータ、Y 軸モータを駆動する。

**【0024】**

以上の通り、図 10 に示す従来例と比較し、送りパルス演算装置 13 が、従来例では、平均加工電圧と基準電圧との電圧偏差に基づいてパルス列を生成したものであることに対して、本実施形態は、降下電圧値の平均値  $E_x$  と基準加工量に対応する降下電圧値  $E_s$  との比率（ $E_s / E_x$ ）に基づいてパルス列が生成される点において、異なるものである。そして、この差異によって、本実施形態は、ゲイン等の調整を必要とせず、高い面精度で、かつ安定した仕上げ加工ができるものである。

**【0025】**

図 2 は、本実施形態による仕上げ加工により加工面の凹凸を平らにする動作、作用説明図である。

加工面の凹凸を平らにするという仕上げ加工の目的を達成するためには、取り

代変化に応じて加工量が一定となるように、送り量を変えればよい。図2において、 $t_S$ 、 $t_X$ は板厚、 $G_S$ 及び $G_X$ は取り代、 $\delta_S$ 、 $\delta_X$ はそれぞれの単位時間ごとの移動量とすると、

$$\delta_S * t_S * G_S = \delta_X * t_X * G_X$$

$$\therefore \delta_X = \delta_S * (t_S / t_X) * (G_S / G_X) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、図3のように放電面積 $S_1$ 、 $S_2$ とそれぞれ単位距離 $\delta$ 移動時に発生する放電繰返し数 $F_1$ 、 $F_2$ は、図4に示す通り比例関係にある。したがって単位距離ごとの加工量は放電面積 $S$ 、即ち板厚 $t$ と取り代 $G$ を乗じた値に相当するので、 $t_S * G_S$  及び  $t_X * G_X$ と放電繰返し数 $F_S$ 、 $F_X$ の関係は次のようになる。

$$(t_S * G_S) / (t_X * G_X) = K * (F_S / F_X)$$

$$\therefore (t_S / t_X) * (G_S / G_X) = K * (F_S / F_X) \quad \cdots \cdots (2)$$

$K$ : 加工条件によって決まる定数

ここで $\delta_S$ を基準移動量とすると、該基準移動量 $\delta_S$ は設定入力されている基準となる送り速度 $SPD_S$ から次式により得る。

$$\delta_S = SPD_S * T \quad \cdots \cdots (3)$$

(1) 式, (2) 式, (3) 式から移動量 $\delta_X$ は

$$\delta_X = SPD_S * T * K * (F_S / F_X) \quad \cdots \cdots (4)$$

$\delta_X / T = SPD_X$  により

$$SPD_X = K * SPD_S * (F_S / F_X) \quad \cdots \cdots (5)$$

即ち、取り代 $G_X$ 部分を単位時間 $T$ で $\delta_X$ 移動する速度 $SPD_X$ は取り代 $G_S$ 部分と $G_X$ 部分の放電繰返し数 $F_S$ 、 $F_X$ の比率 $F_S / F_X$ に基準となる速度 $SPD_S$ を乗じた値となる。すなわち、放電繰返し数 $F_X$ を求めれば、予め求められる基準時の放電繰返し数 $F_S$ の比率 $F_S / F_X$ より加工量が基準の加工量と一致する速度 $SPD_X$ を求めることができるものであり、比率 $F_S / F_X$ は加工量に比例する値を示すものである。よって、取り代変化に応じて加工量が一定になるように送ることができる。

## 【0026】

次に、基準移動量 $\delta_S$ 移動する部分と移動量 $\delta_X$ 移動する部分の平均加工電圧

$V_S$ ,  $V_X$  は、それぞれの平均の無負荷時間を  $T_W(S)$ ,  $T_W(X)$  そして設定無負荷電圧を  $V_P$ 、休止時間を  $T_{OFF}$  とすると、次のよう求められる。ここで放電時間  $T_{ON}$  は僅少なので省略する。

$$V_S = V_P * T_W(S) / (T_W(S) + T_{OFF}) \quad \cdots \cdots (6)$$

$$V_X = V_P * T_W(X) / (T_W(X) + T_{OFF}) \quad \cdots \cdots (7)$$

そして、そのとき発生するそれぞれの放電繰返し数  $F_S$ ,  $F_X$  は次のよう求められる。

$$F_S = 1 / (T_W(S) + T_{OFF}) \quad \cdots \cdots (8)$$

$$F_X = 1 / (T_W(X) + T_{OFF}) \quad \cdots \cdots (9)$$

(6), (7), (8), (9) 式より平均の無負荷時間  $T_W(S)$ ,  $T_W(X)$  を消去して次式を得る。

$$F_S * T_{OFF} = (V_P - V_S) / V_P \quad \cdots \cdots (10)$$

$$F_X * T_{OFF} = (V_P - V_X) / V_P \quad \cdots \cdots (11)$$

( $V_P - V_S$ ) を平均降下電圧  $E_S$ 、( $V_P - V_X$ ) を平均降下電圧  $E_X$  として、

(10), (11) 式を (5) 式に代入して次式を得る。

$$SPDX = K * SPD_S * E_S / E_X \quad \cdots \cdots (12)$$

即ち、移動量  $\delta_X$  を移動する速度  $SPDX$  は基準となる速度  $SPD_S$  に基準移動量  $\delta_S$  部分と移動量  $\delta_X$  部分を移動する間の平均降下電圧の比率を乗じた速度となる。これにより放電繰返し数が求められない場合でも、無負荷電圧と平均加工電圧から、(5) 式の放電繰返し数によるものと同様の効果が得られることを示している。無負荷電圧は決められた電圧であり既知のものであるから平均加工電圧を検出し上述した平均降下電圧  $E_X$  を求め、基準加工時の平均降下電圧  $E_S$  との比率 ( $E_S / E_X$ ) を求め、該比と基準時の速度  $SPD_S$  より加工量が基準の加工量と一致する速度  $SPDX$  が求まるので、取り代変化に応じて加工量が一定になるように送ることができる。

#### 【0027】

この場合、図 1 に示す放電間隙検出装置 6 は、ワイヤ状電極と被加工物間の電圧を検出する手段で構成され、加工量変化検出処理装置 7 は、単位時間  $T$  ごとの

平均加工電圧  $V_X$  を求め、無負荷電圧  $V_P$  との差の平均降下電圧  $E_X$  を求める降下電圧値算定手段で構成される。又、基準加工量相対値記憶装置 8 は、基準加工時の平均降下電圧  $E_S$  を記憶する基準値記憶手段で構成され、比較判断装置 9 は、平均降下電圧の比率 ( $E_S / E_X$ ) を求める比較手段で構成されることになる。そして、これら放電間隙検出装置 6、加工量変化検出処理装置 (降下電圧値算定手段) 7、基準加工量相対値記憶装置 (基準値記憶手段) 8、比較判断装置 (比較手段) 9 で加工量特定手段を構成することになる。

### 【0028】

図 5 は縦軸に送り速度  $SPD$ 、横軸に平均加工電圧として式 (12) の関係を表している。即ち、基準となる平均降下電圧  $E_S$  と基準となる設定送り速度  $SPD_S$  を予め点線のごとく設定すれば加工中の時々刻々変化する単位時間  $T$  ごとの平均降下電圧  $E_X$  を得ることによって速度  $SPD_X$  を生成できることを示す。

### 【0029】

図 6 は本発明の仕上げ加工送り制御によるセカンドカット加工、サードカット加工をモニタした結果である。この加工は、図 8 における上側の経路  $P$  で示す片面に  $10\mu m$ 、 $20\mu m$ 、 $30\mu m$ 、 $40\mu m$  のステップ (図 9 はそのステップ部分を拡大したもの) をファーストカット加工にて形成した板厚  $50mm$ 、加工素材  $SKD11$ 、加工形状  $16 \times 6mm$  の長方形の被加工物 (パンチ) に図 9 のようにセカンドカット加工では  $60\mu m$ 、サードカット加工ではさらに  $15\mu m$  の追込みをかけた仕上げ加工を施し、ファーストカット加工でつくったステップ面を平坦な面に仕上げ、その時の形状精度、真直精度、面粗さを測定したものである。図 7 は同様の加工を従来制御で試みたときのモニタ結果である。表 1 はそれぞれの加工結果を示す。

### 【0030】

表 1

	本発明による加工	従来制御による加工
真直精度: mm	0.003	0.005
形状精度: mm	0.003	0.005
面粗さ: $\mu m R_y$	3.20	4.00



図 7 に示す従来の制御では加工電圧一定になるよう制御するため、送り速度指令はその電圧の見え方に応じて頻繁に、実態のステップ量を上回る増減（セカンドカット加工で顕著）を繰返している。一方、図 6 の本発明による制御では的確にステップ量に対応した送り速度指令が出力されており、しかも安定した加工が実現している。表 1 の測定結果は精度、面粗さともに従来制御を上回る良好な結果が得られている。

### 【0031】

上述した実施形態では、ワイヤ状電極 4 と被加工物 5 の間隙電圧の降下電圧値により加工量を特定したが、前述したように、式（5）に示すように、間隙電圧などから放電繰返し数によって加工量を特定して、加工量が一定になるように制御することもできる。この場合、図 1 に示す放電間隙検出装置 6 は、放電を検出する手段で構成され、加工量変化検出処理装置 7 は、単位時間 T あたりの放電回数、すなわち放電繰返し数  $F_X$  を求める手段で構成され、基準加工量相対値記憶装置 8 は、基準加工量を加工するときの放電繰返し数  $F_S$  を記憶する手段となる。又、比較判断装置 9 は、放電繰返し数  $F_S$ 、 $F_X$  の比率（ $F_S / F_X$ ）を求める手段で構成されることになる。

### 【0032】

#### 【発明の効果】

本発明は、仕上げ加工時において、取り代変化に対して加工量が一定となるような加工送りが実現できたことにより、ゲイン調整などの煩瑣な調整などが不要になるとともに、取り代の変化に対応して適正な送り速度が得られる。また、安定した加工が行え、高い面精度が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本発明の一実施形態におけるワイヤ放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。

#### 【図 2】

同実施形態における動作、作用説明図である。

#### 【図 3】

放電面積と放電繰返し数の関係を説明するための説明図である。

【図 4】

放電面積と放電繰返し数の関係を説明する説明図である。

【図 5】

本発明の一実施形態による平均加工電圧と送り量の制御関係を説明するための説明図である。

【図 6】

同実施形態を適用した加工面に段差を有するワークに対して仕上げ加工送り制御によるセカンドカット加工、サードカット加工を実施した実験例の加工電圧波形と送り速度波形のモニタ結果を表す図である。

【図 7】

同実験例を従来制御である加工電圧一定により加工したときの加工電圧波形と送り速度波形のモニタ結果を表す図である。

【図 8】

実験例に用いた被加工物の説明図である。

【図 9】

同実験例の段差を有する加工面の拡大説明図である。

【図 10】

従来のワイヤ放電加工機の制御装置の要部ブロック図である。

【図 11】

従来の加工電圧一定制御方式の送り制御の説明図である。

【図 12】

従来の送り速度一定制御方式の送り制御の説明図である。

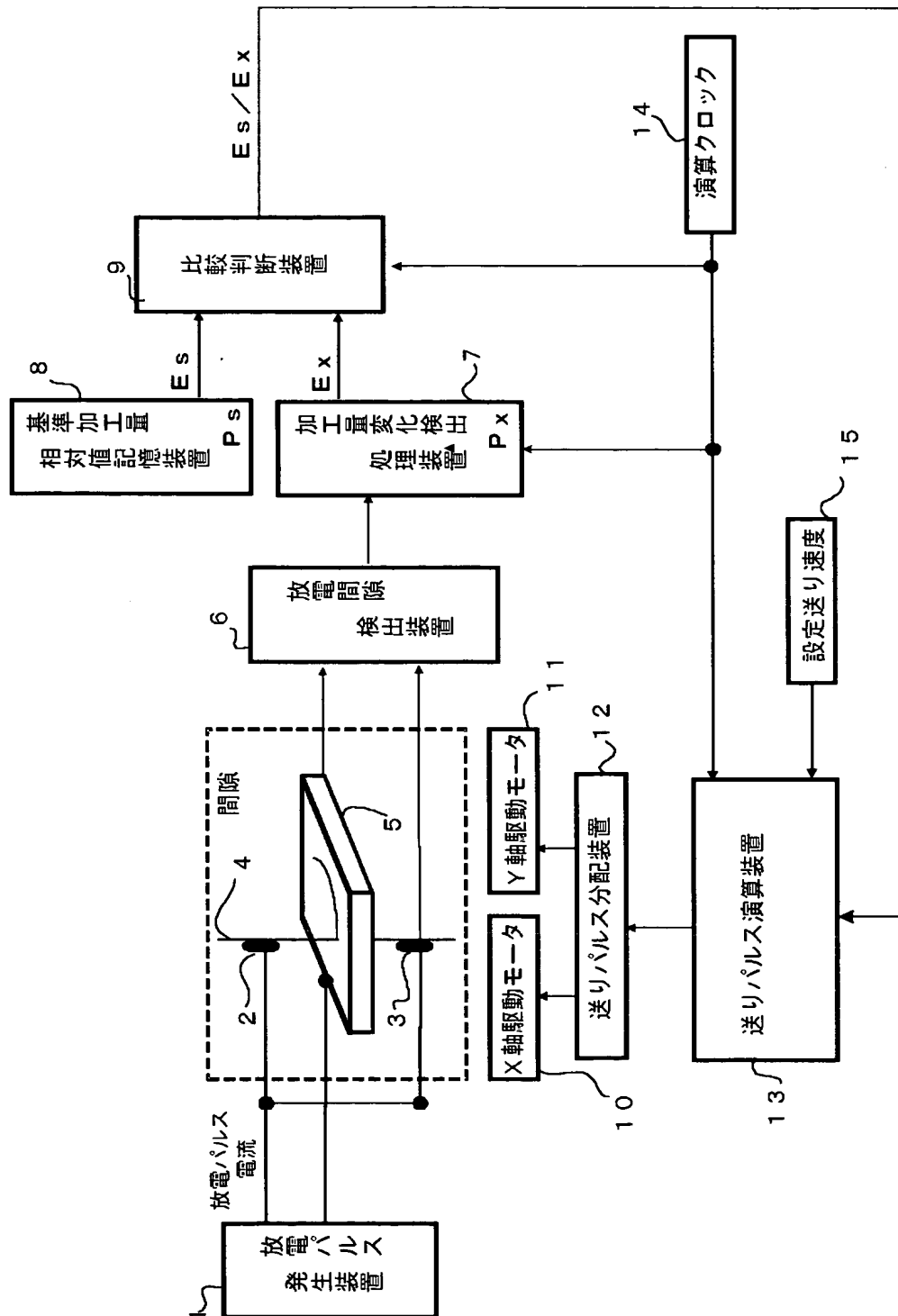
【符号の説明】

- 2, 3 通電ブラシ
- 4 ワイヤ状電極
- 5 被加工物

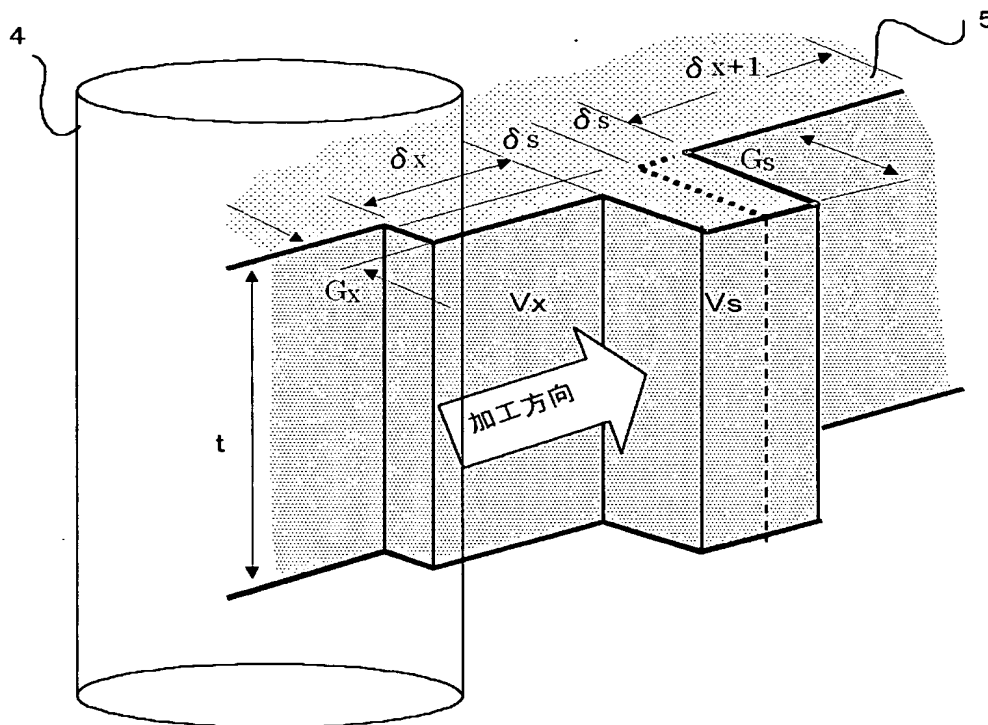
【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】



$G_s$ 、 $G_x$  : 取り代

$V_x$ 、 $V_s$  : 平均加工電圧

$V_o$  : 無負荷電圧

上記の場合  $V_s < V_x$  となる。

$\delta_s$  : 単位時間あたりの基準移動量

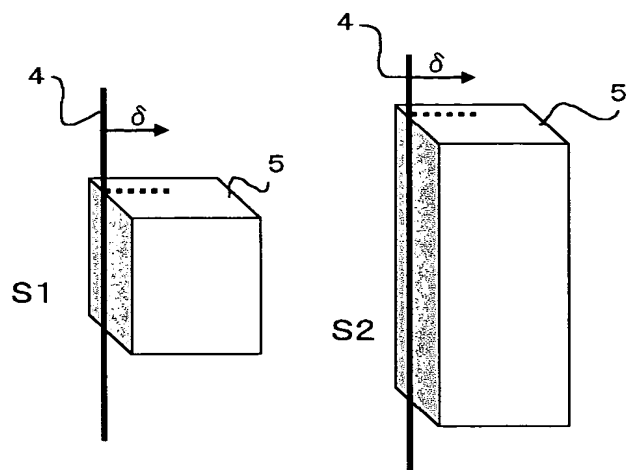
$\delta_x$  : 単位時間あたりの移動量

$$= \delta_s * (V_o - V_s) / (V_o - V_x)$$

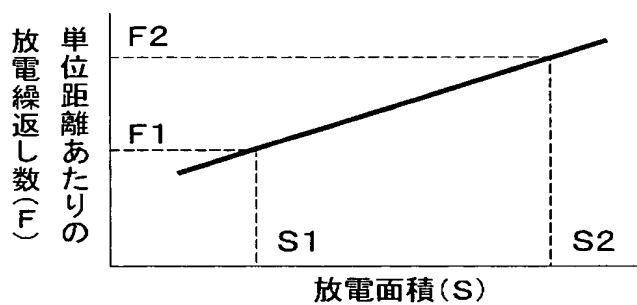
$t$  : 板厚

$S$  : 放電面積  $\propto G \times t$

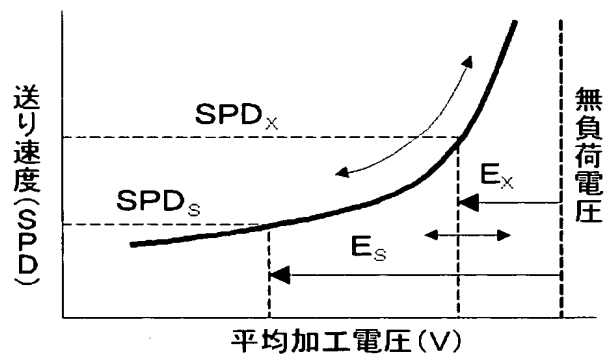
【図 3】



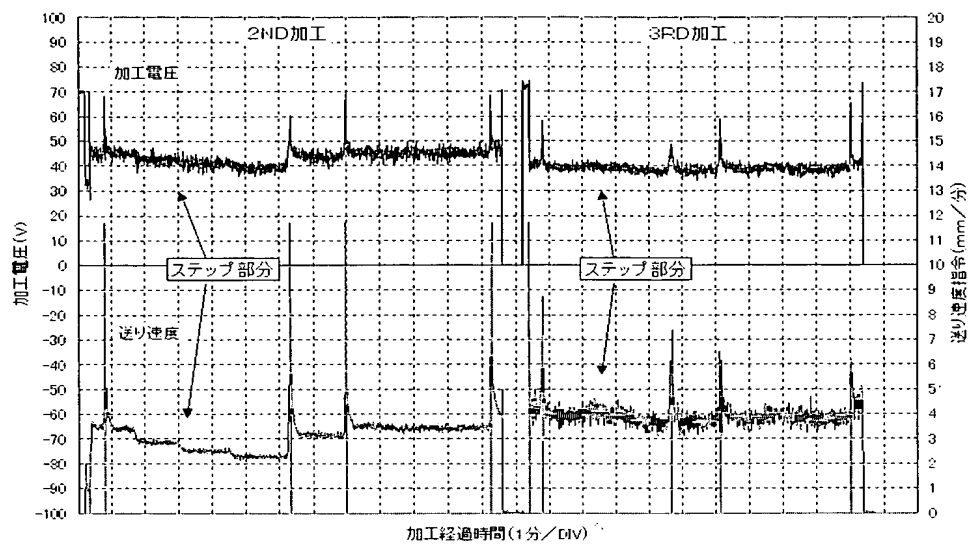
【図 4】



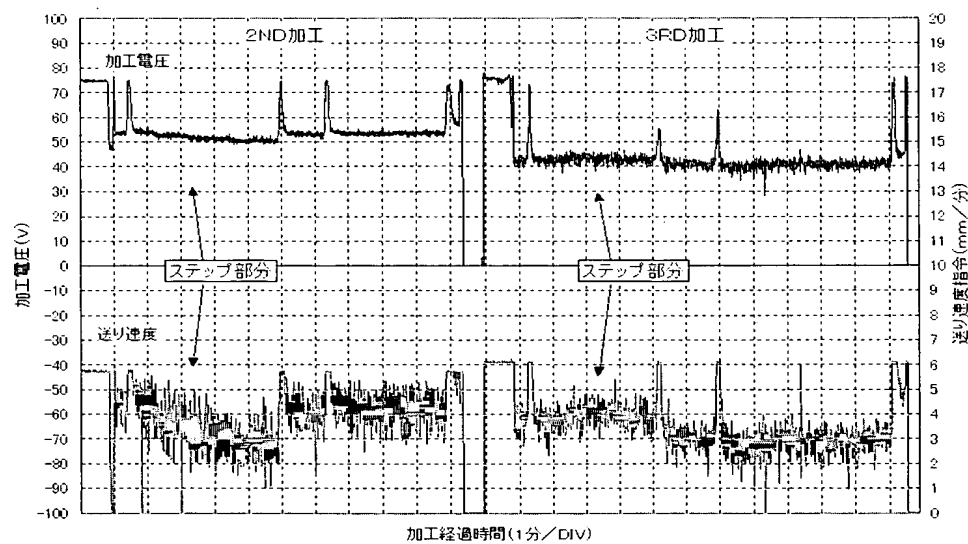
【図 5】



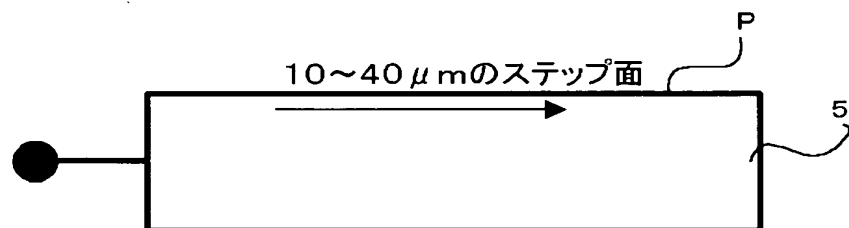
【図 6】



【図 7】



【図 8】



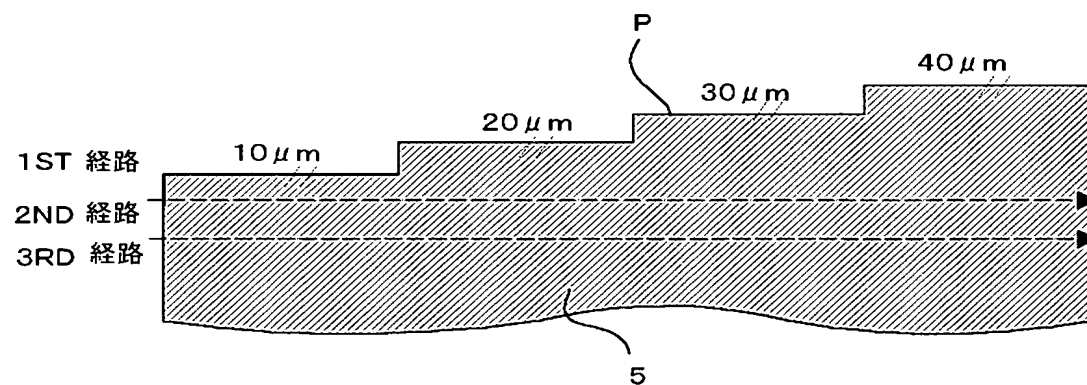
材料:SKD11 板厚:50mm

ワイヤ径:0.25mm

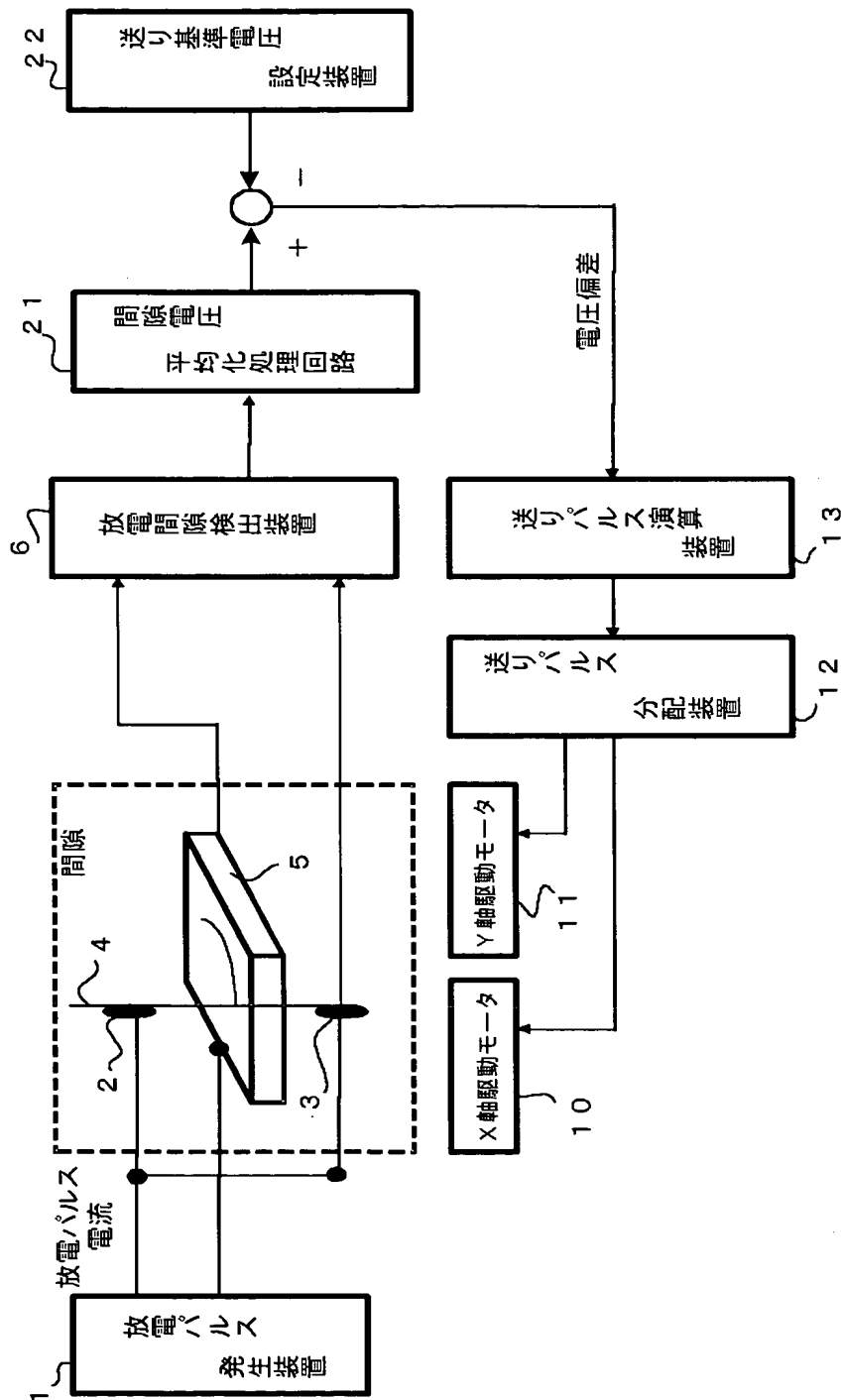
加工形状:16×6mm

2ND追込量:60 μm 3RD追込量:15 μm

【図 9】

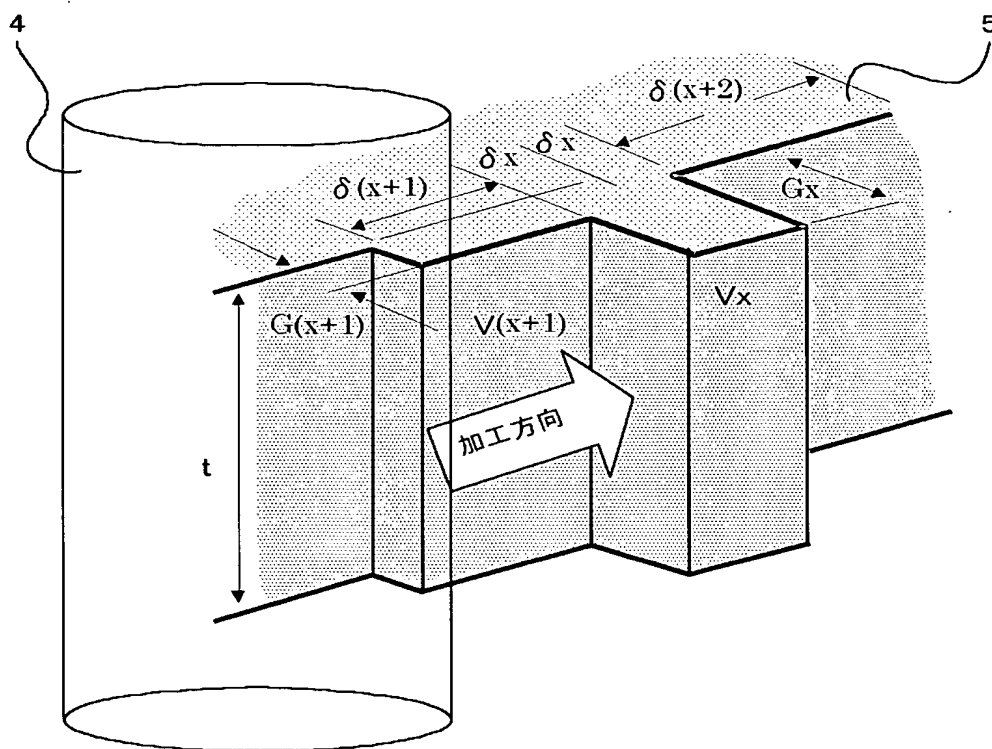


【図 10】





【図 11】



$G_x$ 、 $G(x+1)$  : 取り代

$V_x$ 、 $V(x+1)$  : 平均加工電圧

上記の場合  $V_x < V(x+1)$  となる。

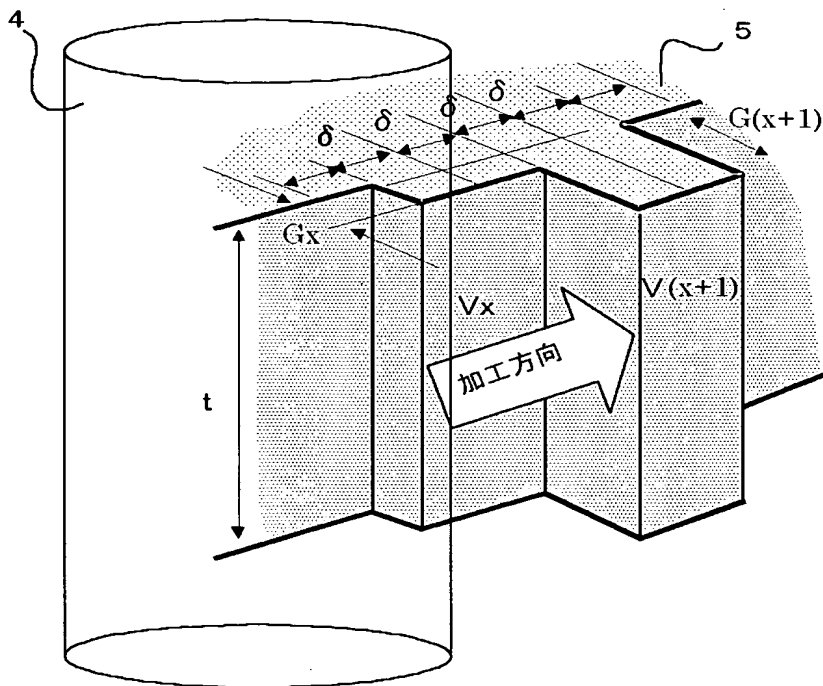
基準電圧 :  $V_s$

$\delta x$  : 単位時間あたりの移動量  $= (V_x - V_s) * \text{ゲイン}$

$\delta(x+1)$  : 単位時間あたりの移動量  $= (V(x+1) - V_s) * \text{ゲイン}$

$t$  : 板厚

【図 12】



$G_x$ 、 $G(x+1)$  : 取り代

$V_x$ 、 $V(x+1)$  : 平均加工電圧

上記の場合  $V(x+1) < V_x$  となる。

$\delta$  : 単位時間あたりの移動量

$t$  : 板厚

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ワイヤ状電極の送り制御におけるゲインの調整等を必要とせず、面精度の高い安定した加工を得る。

【解決手段】 放電間隙検出装置 6 でワイヤ状電極と被加工物間の電圧を検出する。加工量変化検出処理装置 7 で平均加工電圧を求め、該電圧の無負荷電圧からの降下電圧値  $E_S$  を求める。比較判断装置 9 で基準加工量相対値記憶装置 8 に記憶する基準時の降下電圧値  $E_S$  との比率  $E_S/E_X$  を求める。送りパルス演算装置 13 は、比率  $E_S/E_X$  と設定送り速度に基づいて加工量が一定となる送り速度を求めて、モータ 10, 11 への送りパルスを分配してワイヤ状電極 4 を被加工物 5 に対して移動させる。加工量が一定に保持されるから、仕上げ加工での面精度が高く、安定した加工ができる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 7 9 9 3 5
受付番号	5 0 3 0 0 4 6 9 3 9 4
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 3 月 2 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 3月24日

次頁無



特願 2 0 0 3 - 0 7 9 9 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 9 0 0 0 8 2 3 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 1 0 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地

氏 名

ファナック株式会社